



TITLE:

動的環境における眼と腕の実時間運動協調に関する研究(Digest_要約)

AUTHOR(S):

安部川, 直稔

CITATION:

安部川, 直稔. 動的環境における眼と腕の実時間運動協調に関する研究. 京都大学, 2014, 博士(情報学)

ISSUE DATE:

2014-03-24

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k18414>

RIGHT:

学位規則第9条第2項により要約公開; 許諾条件により要約は2014-04-01に公開

ヒトは外部環境を認識し、適切な身体運動を行うことで外界に働きかける。日常における全ての身体動作は、脳神経系の情報処理によるものである。我々をとりまく環境に目を向けると、多様な外乱を含む非常に動的な状況であることに気付く。特に、「走りながらボールを打ち返す」といったスポーツシーンを考えれば、予期せぬ目標移動や姿勢変化に対応した素早い運動修正が必要であることは想像に容易い。ヒトは視覚情報に基づいて、高速かつ柔軟に眼球運動やオンライン腕修正動作を行っているように見えるが、その機構は十分に理解されていない。本論文では、動的環境下でのオンライン視覚運動制御機構の解明を目指し、特に眼と腕の協調機構の観点から、実験心理学的手法により研究を行った。

第 1 章では、研究背景を述べた後に、視覚運動制御における眼と腕の協調機構、動的環境下におけるオンライン視覚運動制御について、先行研究を概説した。

第 2 章では、実環境の運動状況を実験系に落とし込み、研究全体のフレームワーク構築を目指した。動的環境を再現するために、1) 外界変化に対応する目標移動、2) 自身の姿勢変化に対応する背景視覚刺激移動、を腕運動途中に同時呈示する視覚摂動課題を構築した。各視覚刺激の移動方向を独立に操作し、これら視覚摂動に対する腕修正動作、眼球運動を観察した。その結果、各視覚刺激の移動方向に対して、異なる反応時間の腕修正動作が生ずることが示され、視覚情報ごとに独立した視覚運動処理系が駆動されている点が示唆された。また、眼球運動については、目標移動を追従するサッカードが観察される一方、背景移動に対する顕著な眼球運動は観察されなかった。これら結果を踏まえ、次章からは、目標移動と背景移動に対するオンライン運動制御を分けて議論することとした。

第 3 章では、目標移動に対するオンライン腕修正動作と眼制御系の関係性について検討した。まず、腕修正動作とサッカードの生起時刻を観察した結果、静止目標への運動開始を扱った従来知見とは異なり、腕修正動作は眼球運動に先行して開始した。このことから、高速な腕修正動作の初期応答は、周辺視覚情報を用いて駆動されと考えられる。このような高速な運動修正でありながら、次に示すように、眼制御系との関連が明らかになった。第一に、腕修正動作とサッカードの開始時刻の間に正の相関が観察され、両運動の生成過程が共通の処理系を有することが示唆された。第二に、眼球運動に関わる条件を操作した結果、腕運動にサッカードが付随する条件（SAC 条件）では、固視を継続する条件（FIX 条件）に比較して、腕修正動作の開始は早かった。また、同様の課題を遂行中の視覚的注意移動を観察した結果、腕運動を伴って固視を継続する条件（FIX 条件）に限り、強い抑制性の作用が働いていることが見出された。これら結果から、腕修正動作とサッカード生成の間には、内的で強い協調関係が構築されており、その協調関係を崩すような固視が要求される場合、眼球運動抑制信号が腕修正動作にも抑制的な影響を及ぼすことが示唆された。最後に、主に眼球運動に関連する実験パラダイムで利用されてきた反応選択肢数と運動応答潜時の関係性に着目し、反応選択肢数の変化が SAC 条件および FIX 条件の腕修正潜時に与える影響を調べた。その結果、反応選択肢数の増加は FIX 条件における腕修正潜時を延長するのに対し、SAC 条件の腕修正動作には影響を与えなかった。このことは、眼

と腕の協調・非協調状況に応じて、腕修正動作を生成する制御様式が異なる点を示唆する。特に SAC 条件の腕修正動作は、反射的な制御系で駆動されており、その結果選択肢数の影響を受けない適応的な運動生成が実現されると解釈できる。以上第 3 章の結果より、オンライン腕修正動作は眼制御系との内的な協調関係を構築し、高速で適応的な腕運動制御が行われていることが示された。

第 4 章では、背景移動に対するオンライン腕修正応答と、眼制御系の 1 要素である視線方向との関連について検討した。視覚入力是一定に保ちながら視線方向を操作する実験課題を行った結果、視線方向が腕運動目標から乖離するほど、背景移動に誘発される反射性腕応答のゲインは小さくなった。さらにこの応答調節は、腕運動遂行中であっても視線移動に伴って動的かつ予測的に更新された。これら結果は、「どこを見ながら、どこに向かって腕運動を行うか」という腕運動の基本要素に応じて、オンライン視覚運動系の反射ゲインが機能的に調節されることを示唆する。

最終章第 5 章では総合考察として、第 2 章から第 4 章までに対する総括を行い、本研究から明らかとなった、動的環境下でのオンライン運動制御における眼と腕の協調機構について考察した。また、今後の研究展望についても記した。